

(12) NACH DEM VERTRÄG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
24. Juni 2004 (24.06.2004)

PCT

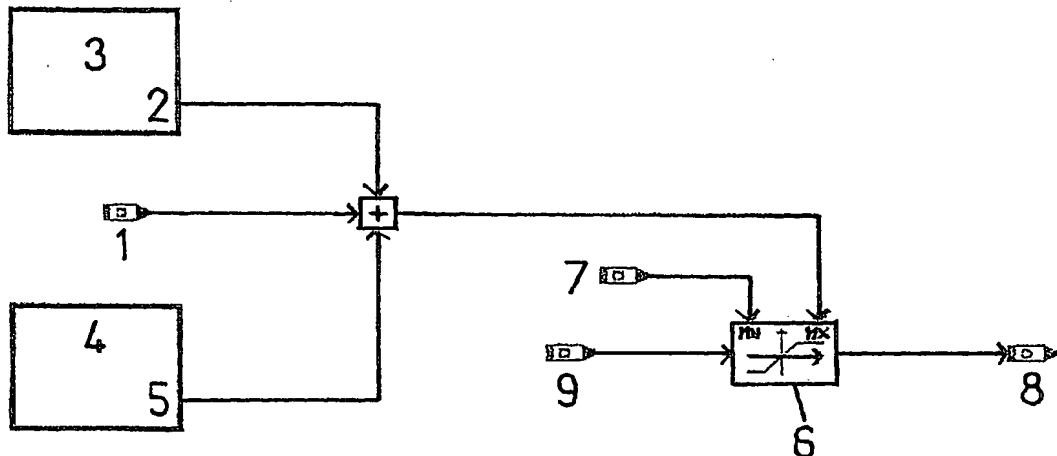
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2004/053328 A1

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: F02P 5/152, (52) Erfinder; und  
5/1-15 (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): VOLLMER, Martin  
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2003/002407 [DE/DE]; Kaiserslauterer Strasse 64, 70499 Stuttgart-Weilimdorf (DE). HEINSTEIN, Axel [DE/DE]; Wenntalstrasse 22, 71299 Wimsheim (DE). KONRAD, Johann [DE/DE]; Traubenbergweg 7, 71732 Tamm (DE). SAULER, Juergen [DE/DE]; Am Kochenhof 3, 70192 Stuttgart (DE).  
(22) Internationales Anmeldedatum: 17. Juli 2003 (17.07.2003)  
(25) Einreichungssprache: Deutsch  
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch  
(30) Angaben zur Priorität: 102 57 994.6 12. Dezember 2002 (12.12.2002) DE  
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).  
(74) Gemeinsamer Vertreter: ROBERT BOSCH GMBH; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).  
(81) Bestimmungsstaaten (national): CN, JP, KR, US.  
(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR DETERMINING THE ANGLE OF IGNITION

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR ZÜNDWINKELBESTIMMUNG



WO 2004/053328 A1  
(57) Abstract: The invention relates to a method for determining the angle of ignition whereby the modifications of the adjusted variables, which can have an influence on the knock limit and therefore on the optimal angle of ignition, are considered in a dynamic manner. A base ignition angle (1) is initially determined from the current motor speed and load. Then, a first ignition angle adjustment (2) is determined in later mode as part of a downstream knocking control (3) if a knock has been detected. According to the invention, a second ignition angle (5) is determined as part of a knocking limit control (4) if at least one adjusted variable influencing the knocking limit is modified. The nature of the second ignition angle (5), i.e. in earlier or later mode, is dependent on the adjusted variable and the modification thereof.

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Verfahren zur Zündwinkelbestimmung vorgeschlagen, bei dem Änderungen von Stellgrößen, die sich auf die Klopfgrenze und damit auf den optimalen Zündwinkel auswirken, dynamisch berücksichtigt werden. Dazu wird zunächst ausgehend von der aktuellen Motordrehzahl und Last ein Grundzündwinkel (1) bestimmt. Dann wird im Rahmen einer nachgeschalteten Klopffregelung (3) eine erste Zündwinkelverstellung (2) nach spät ermittelt, wenn ein Klopfen erkannt worden

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

## Verfahren zur Zündwinkelbestimmung

### Stand der Technik

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Zündwinkelbestimmung für einen Verbrennungsmotor, bei dem ausgehend von der aktuellen Motordrehzahl und Last ein Grundzündwinkel bestimmt wird und bei dem im Rahmen einer nachgeschalteten Klopffregelung eine erste Zündwinkelverstellung nach spät ermittelt wird, wenn ein Klopfen erkannt worden ist.

Bei der Entwicklung von Verbrennungsmotoren gewinnen die Aspekte Treibstoffverbrauch und Abgaswerte zunehmend an Bedeutung. Diese Betriebsparameter können durch unterschiedliche Maßnahmen bzw. Stellgrößen beeinflusst werden, wie z.B. durch Abgasrückführung, Umlegen der Ladungsbewegungsklappe, Verstellen der Nockenwelle, Veränderung des Ventiltriebs und/oder Regelung der Motortemperatur bzw. Regelung der Kühlmitteltemperatur und/oder des Kühlmittolvolumenstroms. All diese Stellgrößen wirken sich auch auf die Klopfgrenze des Motors und somit auf den optimalen Zündwinkel aus.

Daher wird der Grundzündwinkel in der Praxis in mehreren Schritten ermittelt. Anhand der aktuellen Motordrehzahl und Last wird zunächst ein Ausgangszündwinkel bestimmt. In der Regel wird dieser Ausgangszündwinkel aus einem entsprechenden Kennfeld ausgelesen. Zur Ermittlung des Grundzündwinkels, wird dann für jede Stellgröße, d.h. für jede der vorgenannten Funktionalitäten, ein Zündwinkeloffset auf den Ausgangszündwinkel aufaddiert, um den Motor unter allen Betriebsbedingungen mit einem möglichst optimalen Wirkungsgrad betreiben zu können. Die Zündwinkeloffsets für die einzelnen Stellgrößen werden meist ebenfalls an Hand von entsprechenden Kennfeldern bestimmt. Der so ermittelte Grundzündwinkel bildet den Ausgangspunkt für eine nachgeschaltete zylinderindi-

viduelle Klopffregelung, durch die eine Spätverstellung des Grundzündwinkels bewirkt werden kann, wenn ein Klopfen erkannt worden ist.

Das voranstehend beschriebene Verfahren erweist sich in der Praxis in mehrererlei Hinsicht als problematisch. Bei Stellgrößen, die anhand eines Modells berechnet werden, führen dynamische Änderungen häufig zu einer fehlerhaften Bestimmung der Stellgröße. Dies hat eine fehlerhafte Adressierung des entsprechenden Kennfeldes für den Zündwinkeloffset zur Folge und resultiert in einer suboptimalen Bestimmung des Grundzündwinkels. Als Beispiele für Stellgrößen, die anhand eines Modells berechnet werden können, seien hier die Abgasrückführungsrate und die Motortemperatur genannt. Die Modellrechnungen zur Bestimmung der Motortemperatur bei einem Lastwechsel oder einer Änderung des Kühlmittelvolumenstroms und/oder der Kühlmitteltemperatur erweisen sich häufig als vergleichsweise ungenau. Eine Ursache dafür sind die langsamens Einschwingvorgänge bei Temperaturänderungen. Außerdem haben Änderungen des Kühlmittelvolumenstroms eine stark nichtlineare Auswirkung auf die Bauteil- bzw. Motortemperatur. Die bekannte Zündwinkelvorsteuerung kann diese Umstände nicht berücksichtigen.

Wie bereits erwähnt, wird bei der bekannten Zündwinkelvorsteuerung für jede Stellgröße ein eigenes Kennfeld für den entsprechenden Zündwinkeloffset benötigt. Dementsprechend steigt der Bedatungs- und Speicheraufwand mit der Anzahl der zu berücksichtigenden Stellgrößen. Die Bedatung der Kennfelder ist schon allein aufgrund der Datenmenge fehleranfällig. Zudem ist die Bedatung in einigen Fällen auch sehr zeitaufwändig, wie z.B. im Falle des Zündwinkeloffsets, der sich aufgrund von dynamischen Änderungen der Motortemperatur bzw. des Kühlmittelvolumenstroms und der Kühlmitteltemperatur ergibt.

#### Vorteile der Erfindung

Mit der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zur Zündwinkelbestimmung vorgeschlagen, bei dem Änderungen von Stellgrößen, die sich auf die Klopfgrenze

und damit auf den optimalen Zündwinkel auswirken, dynamisch berücksichtigt werden.

Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, dass im Rahmen einer Klopfgrenzenregelung eine zweite Zündwinkelverstellung ermittelt wird, wenn sich mindestens eine die Klopfgrenze beeinflussende Stellgröße verändert, wobei die Art der zweiten Zündwinkelverstellung, d.h. nach früh oder nach spät, von der Stellgröße und deren Veränderung abhängt.

Die Klopfgrenzenregelung im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens wird durch Veränderungen der zu berücksichtigenden Stellgrößen ausgelöst. Auf den absoluten Wert der Stellgröße kommt es hierbei nicht an, so dass sich eine fehlerhaft ermittelte Stellgröße so lange nicht negativ auf die erfindungsgemäße Zündwinkelbestimmung auswirkt, solange zumindest deren Veränderung richtig erfasst wird. Außerdem werden im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens keine Kennfelder für die Bestimmung von stellgrößenabhängigen Zündwinkeloffsets benötigt. Dementsprechend entfallen hier sowohl der mit der Bedeutung derartiger Kennfelder verbundene Zeit- und Speicheraufwand als auch das durch die Bedeutung dieser Kennfelder bedingte Fehlerrisiko. Der Motor wird mit Hilfe der Klopfgrenzenregelung immer mit einem optimalen Zündwinkel – entweder an der Klopfgrenze oder mit einem durch die Momentenstruktur vorgegebenen Zündwinkel – betrieben.

Im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens wird eine klare Trennung zwischen der bekannten Klopfg Regelung und der erfindungsgemäßen Klopfgrenzenregelung realisiert. Dadurch bleibt die Funktionalität der Klopfg Regelung in vollem Umfang erhalten. Abgesehen von einigen zusätzlichen Freigabe- bzw. Sperrbedingungen, auf die im Rahmen eines nachfolgend erläuterten Ausführungsbeispiels nochmals Bezug genommen wird, können die einzelnen Funktionen der bekannten Klopfg Regelung unverändert übernommen werden. Insbesondere eine Stationäradaption der Klopfg Regelung, wie sie bei schnellen Änderung des Motor-Betriebspunktes vorgenommen wird, kann weiterhin unbeeinträchtigt durchgeführt werden.

Grundsätzlich gibt es verschiedene Möglichkeiten für die Realisierung des erfindungsgemäßen Verfahrens und insbesondere für die Realisierung der Klopfgrenzenregelung. Diese kann beispielsweise wie die Klopfgrenzenregelung zylinderindividuell vorgenommen werden. In einer vorteilhaften Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Klopfgrenzenregelung jedoch für alle Zylinder des Verbrennungsmotors gleichzeitig und in gleicher Weise durchgeführt. Die daraus resultierende globale Verstellung der Zündwinkel ermöglicht eine besonders schnelle und effiziente Anpassung der Zündwinkel an eine veränderte Klopfgrenze. Eine zylinderindividuelle Regelung des Zündwinkels erfolgt dabei mit Hilfe der Klopfgrenzenregelung, die parallel zur Klopfgrenzenregelung durchgeführt wird. In diesem Zusammenhang sei noch erwähnt, dass der Zündwinkel im Rahmen der Klopfgrenzenregelung sowohl nach spät als auch nach früh verändert werden kann, während die Klopfgrenzenregelung immer nur eine Spätverstellung des Zündwinkels bewirken kann.

Beim Betrieb eines Kfz können Situationen auftreten, in denen der Zündwinkel ausschließlich durch die Momentenstruktur des Motors vorgegeben wird, also unabhängig von der Klopfgrenzenregelung und einer Klopfgrenzenregelung, wie sie mit der vorliegenden Erfindung vorgeschlagen wird. Beispielhaft sei hier das Einschalten des Klimakompressors genannt. Um in diesem Falle ein Motorruckeln zu vermeiden, kann die Momentenstruktur des Motors einen Momentenvorhalt aufbauen. Dabei werden die Zündwinkel nach spät gezogen. Während des Momenteneingriffs kommen weder die im Rahmen der Klopfgrenzenregelung ermittelten ersten Zündwinkelverstellungen zur Ausgabe noch die im Rahmen der Klopfgrenzenregelung ermittelte zweite Zündwinkelverstellung, so dass die Klopfgrenzenregelung während des Momenteneingriffs unterbrochen werden muss. Der Momentenvorhalt wird nach einem solchen Momenteneingriff wieder abgebaut, indem die Zündwinkel beispielsweise in einer Rampe an die Klopfgrenze herangefahren werden. Zur Ermittlung des entsprechenden Zündwinkels wird ausgehend von der aktuellen Motordrehzahl und Last zunächst ein Grundzündwinkel bestimmt, auf den dann eine Zündwinkelverstellung zur Klopfgrenzenregelung aufaddiert wird. Dabei kann es sich um die Zündwinkelverstellung handeln, die vor dem Momenteneingriff, d.h. vor der Unterbrechung der Klopfgrenzenregelung, ermittelt worden ist. Der so ermittelte Zündwinkel stellt aber nur dann eine gute Annäherung an die Klopfgrenze

dar, wenn sich keine der Stellgrößen, die die Klopfgrenze beeinflussen, während des Momenteneingriffs verändert hat.

Eine vorteilhafte Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens betrifft den Fall der Zündwinkeleinstellung nach einem Momenteneingriff, wobei sich mindestens eine die Klopfgrenze beeinflussende Stellgröße während des Momenteneingriffs verändert hat. Erfindungsgemäß wird vorgeschlagen, den Wert für die Zündwinkelverstellung zur Klopfgrenzenregelung aus einem Kennfeld auszulesen, in dem Werte für diese Zündwinkelverstellung als Funktion der Motordrehzahl, der Last und der veränderten Stellgröße abgelegt sind. Auf diese Weise können bei der Zündwinkeleinstellung nach einem Momenteneingriff auch Änderungen der Stellgrößen während des Momenteneingriffs berücksichtigt werden, obwohl die Klopfgrenzenregelung während des Momenteneingriffs unterbrochen war.

Die Werte eines solchen Kennfeldes können in vorteilhafter Weise adaptiv während des normalen Betriebs der Klopfgrenzenregelung ermittelt werden. Dazu müssen lediglich einmal Startwerte für ein Adoptionskennfeld ermittelt werden, das dann als Ausgangskennfeld für alle Motoren eines Typs verwendet werden kann.

#### Zeichnungen

Wie bereits voranstehend erörtert, gibt es verschiedene Möglichkeiten, die Lehre der vorliegenden Erfindung in vorteilhafter Weise auszustalten und weiterzubilden. Dazu wird einerseits auf die dem Patentanspruch 1 nachgeordneten Patentansprüche und andererseits auf die nachfolgende Beschreibung eines Ausführungsbeispiels der Erfindung anhand der Zeichnungen verwiesen.

Fig. 1 zeigt ein Blockschaltbild zur Erläuterung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Zündwinkeleinstellung während des normalen Motorbetriebs und

Fig. 2 zeigt ein Blockschaltbild für das Beschreiben eines Adoptionskennfeldes für die Klopfgrenzenregelung einerseits und für das Auslesen von Werten aus diesem Adoptionskennfeld andererseits.

#### Beschreibung des Ausführungsbeispiels

Entsprechend dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Zündwinkelbestimmung für einen Verbrennungsmotor wird ausgehend von der aktuellen Motordrehzahl und Last ein Grundzündwinkel 1 bestimmt. Die Bestimmung des Grundzündwinkels 1 kann beispielsweise mit Hilfe eines entsprechenden Kennfeldes erfolgen. Auf diesen Grundzündwinkel 1 wird dann eine erste Zündwinkelverstellung 2 aufaddiert, die im Rahmen einer Klopfg Regelung 3 zylinderindividuell ermittelt wird, wenn ein Klopfen für einen Zylinder des Verbrennungsmotors erkannt worden ist. Die Klopfg Regelung 3 kann ausschließlich eine Spätverstellung des Grundzündwinkels 1 bewirken. Erfindungsgemäß wird außerdem im Rahmen einer Klopfgrenzenregelung 4 noch eine zweite Zündwinkelverstellung 5 ermittelt, wenn sich mindestens eine Stellgröße verändert, die die Klopfgrenze beeinflusst.

Die Klopfgrenzenregelung 4 kann beispielsweise durch eine Änderung der Abgasrückführungsrate, durch eine Verstellung der Nockenwelle, durch das Öffnen bzw. Schließen der Ladungsbewegungsklappe durch eine Veränderung des Ventiltriebs oder auch durch eine Veränderung der Motortemperatur bzw. eine Veränderung der Kühlmitteltemperatur oder des Kühlmittelvolumenstroms aktiviert werden. Mit Hilfe der Klopfgrenzenregelung 4 werden die Zündwinkel sehr schnell an die veränderte Klopfgrenze angepasst. In einer vorteilhaften Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die Zündwinkel dazu global, d.h. für alle Zylinder gleichzeitig und in gleicher Weise, verstellt. Im Rahmen der Klopfgrenzenregelung 4 wird hier also nur ein Wert für die Zündwinkelverstellung 5 bestimmt.

Bei der in Fig. 1 dargestellten Verfahrensvariante erfolgt die Klopfgrenzenregelung 4 parallel zur Klopfg Regelung 3, so dass die Funktionalität der Klopfg Regelung 3 unabhängig von der Klopfgrenzenregelung 4 ist.

Ob die im Rahmen der Klopfgrenzenregelung 4 bestimmte Zündwinkelverstellung 5 zu einer Frühverstellung oder zu einer Spätverstellung des Grundzündwinkels 1 führt, hängt von der Stellgröße ab, durch die die Klopfgrenzenregelung 4 ausgelöst worden ist, und von der Art der Veränderung dieser Stellgröße.

Bei einer Erhöhung der Abgasrückführungsrate oder auch bei einer Verringerung der Motortemperatur bewirkt die Klopfgrenzenregelung 4 so lange eine globale Frühverstellung des Grundzündwinkels 1, bis die Klopffregelung 3 ein Klopfen erkannt hat. In diesem Fall bleibt die Klopffregelung 3 aktiv und bewirkt, dass der Zündwinkel für den klopfenden Zylinder nach spät gezogen wird. Ändert sich die verursachende Stellgröße weiter, d.h. erhöht sich die Abgasrückführungsrate weiter oder verringert sich die Motortemperatur weiter, indem sich der Kühlmittervolumenstrom erhöht oder die Kühlmitteltemperatur verringert, so wird der Zündwinkel nach einer applizierbaren Zeit weiter global nach früh verstellt, bis ein Klopfen erkannt wird.

Wenn sich die Abgasrückführungsrate verringert oder wenn sich die Motortemperatur erhöht, bewirkt die Klopfgrenzenregelung 4 eine globale Spätverstellung des Grundzündwinkels 1 pro erkanntem Klopfen. In diesem Fall sind sowohl die zylinderindividuelle Klopffregelung 3 als auch eine Stationäradaptation des Zündwinkels gesperrt. Durch ein gleichzeitiges Herabsetzen der Klopfkennungsgrenze wird die Spätverstellung des Zündwinkels schon bei sehr kleinen Klopfen ausgelöst.

Die Summe aus Grundzündwinkel 1, erster Zündwinkelverstellung 2 und zweiter Zündwinkelverstellung 5 bildet den Maximalwert eines Begrenzers 6, während der spätest mögliche Zündwinkel 7 als Minimalwert des Begrenzers 6 vorgegeben wird. Mit Hilfe des Begrenzers 6 wird ein Ist-Zündwinkel 8 ermittelt, indem der Wertebereich eines Soll-Zündwinkels 9 begrenzt wird.

Das in Fig. 2 dargestellte Blockschaltbild betrifft die Bestimmung der Zündwinkel entsprechend dem erfindungsgemäßen Verfahren nach einem Momenteneingriff. Bei einem Momenteneingriff werden die Zündwinkel durch die Momentenstruktur des Motors vorgegeben. Die Klopfgrenzenregelung wird dabei unterbrochen. Wie in Verbindung mit Fig. 1 erläutert, wird auch nach einem Momenteneingriff ein

Grundzündwinkel anhand der aktuellen Motordrehzahl und Last bestimmt. Auf diesen wird dann eine Zündwinkelverstellung aufaddiert, durch die den Einflüssen einer oder auch mehrerer Stellgrößen auf die Klopfgrenze Rechnung getragen werden soll. Beim normalen Motorbetrieb wird diese Zündwinkelverstellung im Rahmen der Klopfgrenzenregelung ermittelt, die allerdings immer nur bei einer Veränderung einer oder mehrerer Stellgrößen aktiviert wird. Nur wenn sich während des Momenteneingriffs keine der Stellgrößen verändert hat, kann die Klopfgrenze mit Hilfe des Werts für die Zündwinkelverstellung, der vor der Unterbrechung der Klopfgrenzenregelung ermittelt worden ist, gut angenähert werden. Andernfalls ist der ausgegebene Zündwinkel entweder zu früh, was zu Klopfern führt, oder zu spät, was in einem Wirkungsgradverlust resultiert.

In einer vorteilhaften Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Wert für die Zündwinkelverstellung zur Klopfgrenzenregelung aus einem Kennfeld ausgelesen, wenn sich während des Momenteneingriffs mindestens eine die Klopfgrenze beeinflussende Stellgröße verändert hat. In diesem Kennfeld sind Werte für die Zündwinkelverstellung als Funktion der Motordrehzahl, der Last und der veränderten Stellgröße abgelegt.

Im rechten Teil des in Fig. 2 dargestellten Blockschaltbildes ist die Bedingung für das Auslesen eines Wertes aus einem solchen Kennfeld 10 dargestellt. Der linke Teil des Blockschaltbildes betrifft die Bedeutung dieses Kennfeldes 10, die hier adaptiv während des normalen Betriebs der Klopfgrenzenregelung erfolgt. Deshalb wird das Kennfeld 10 im Folgenden stets als Adoptionskennfeld bezeichnet.

Die Adressierung der Werte des Adoptionskennfeldes 10 erfolgt sowohl beim Beschreiben als auch beim Auslesen über die Stellgröße, hier die Abgasrückführungsrate 11, und über Stützstellen 12 in Abhängigkeit von Motordrehzahl 13 und Last 14. Während des normalen Motorbetriebs wird jeder Wert der Zündwinkelverstellung, der im Rahmen der Klopfgrenzenregelung ermittelt worden ist, mit dem entsprechenden Wert des Adoptionskennfeldes 10 verglichen. Nur wenn die Abweichung zwischen diesen beiden Werten eine applizierbare Schwelle 15 überschreitet, wird der entsprechende Wert des Adoptionskennfeldes 10 mit dem aktuell ermittelten Wert für die Zündwinkelverstellung überschrieben.

Wie bereits erwähnt, müssen zwei Bedingungen für das Auslesen eines Wertes aus dem Adoptionskennfeld 10 erfüllt sein. Zum einen muss der Momenteneingriff, der die Unterbrechung der Klopfgrenzenregelung verursacht hat, abgeschlossen sein, was bei 16 geprüft wird. Zum anderen muss sich im hier dargestellten Ausführungsbeispiel die Abgasrückführungsrate während des Momenteneingriffs signifikant verändert haben. Dazu wird die Differenz zwischen der Abgasrückführungsrate vor dem Momenteneingriff und der Abgasrückführungsrate nach dem Momenteneingriff 17 mit einem vorgegebenen Schwellwert 18 verglichen. Nur wenn beide Bedingungen erfüllt sind, wird eine adaptierte Zündwinkelverstellung 19 aus dem Adoptionskennfeld 10 ausgelesen. Danach kann die Zündwinkelverstellung wieder mit hinreichender Genauigkeit im Rahmen der Klopfgrenzenregelung bestimmt werden.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Zündwinkelbestimmung für einen Verbrennungsmotor, bei dem ausgehend von der aktuellen Motordrehzahl und Last ein Grundzündwinkel (1) bestimmt wird und bei dem im Rahmen einer nachgeschalteten Klopfg Regelung (3) eine erste Zündwinkelverstellung (2) nach spät ermittelt wird, wenn ein Klopfen erkannt worden ist,  
dadurch gekennzeichnet, dass im Rahmen einer Klopfgrenzenregelung (4) eine zweite Zündwinkelverstellung (5) ermittelt wird, wenn sich mindestens eine die Klopfgrenze beeinflussende Stellgröße verändert, wobei die Art der zweiten Zündwinkelverstellung (5), d.h. nach früh oder nach spät, von der Stellgröße und deren Veränderung abhängt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Klopfgrenzenregelung (4) für alle Zylinder des Verbrennungsmotors gleichzeitig und in gleicher Weise durchgeführt wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Klopfgrenzenregelung (4) durch eine Änderung der Abgasrückführungsrate ausgelöst wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Klopfgrenzenregelung (4) durch eine Verstellung der Nockenwelle ausgelöst wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Klopfgrenzenregelung (4) durch das Öffnen bzw. Schließen der Ladungsbewegungsklappe ausgelöst wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Klopfgrenzenregelung (4) durch eine Veränderung des Ventiltriebs ausgelöst wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Klopfgrenzenregelung (4) durch eine Veränderung der Motortemperatur bzw. durch eine Veränderung der Kühlmitteltemperatur und/oder des Volumenstroms des Kühlmittels ausgelöst wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei sich die Stellgröße so verändert, dass die Klopfgrenzenregelung (4) den Grundzündwinkel (1) nach früh verstellt, dadurch gekennzeichnet, dass die Klopfg Regelung (3) aktiv bleibt und dass die Klopfgrenzenregelung (4) den Grundzündwinkel (1) nur so lange nach früh verstellt, bis die Klopfg Regelung (3) einen Klopfer erkannt hat.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei sich die Stellgröße so verändert, dass die Klopfgrenzenregelung (4) den Grundzündwinkel (1) nach spät verstellt, dadurch gekennzeichnet, dass die Klopfgrenzenregelung (4) den Grundzündwinkel (1) bei jedem erkannten Klopfer nach spät verstellt und dass der Zündwinkel während der Klopfgrenzenregelung (4) weder durch die Klopfg Regelung (3) noch durch eine Stationäradaption verändert wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Klopferkennungsgrenze herabgesetzt wird.
11. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass im Rahmen der Klopfgrenzenregelung (4) eine Frühverstellung ermittelt wird, wenn sich die Abgasrückführungsrate erhöht und/oder wenn sich die Motortemperatur verringert.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass im Rahmen der Klopfgrenzenregelung (4) eine Spätverstellung ermittelt wird, wenn sich die Abgasrückführungsrate verringert und/oder wenn sich die Motortemperatur erhöht.

13. Verfahren zur Zündwinkeleinstellung nach einem Momenteneingriff, bei dem der Zündwinkel auf der Basis der Momentenstruktur des Motors bestimmt worden ist und die Klopfgrenzenregelung (4) unterbrochen worden ist, wobei sich mindestens eine die Klopfgrenze beeinflussende Stellgröße während des Momenteneingriffs verändert hat, nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass ein Wert für die zweite Zündwinkelverstellung (19) aus einem Kennfeld (10) ausgelesen wird, in dem Werte für die zweite Zündwinkelverstellung als Funktion der Motordrehzahl (13), der Last (14) und der veränderten Stellgröße (11) abgelegt sind.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Werte des Kennfeldes adaptiv während des normalen Betriebs der Klopfgrenzenregelung (4) ermittelt worden sind.

1/2

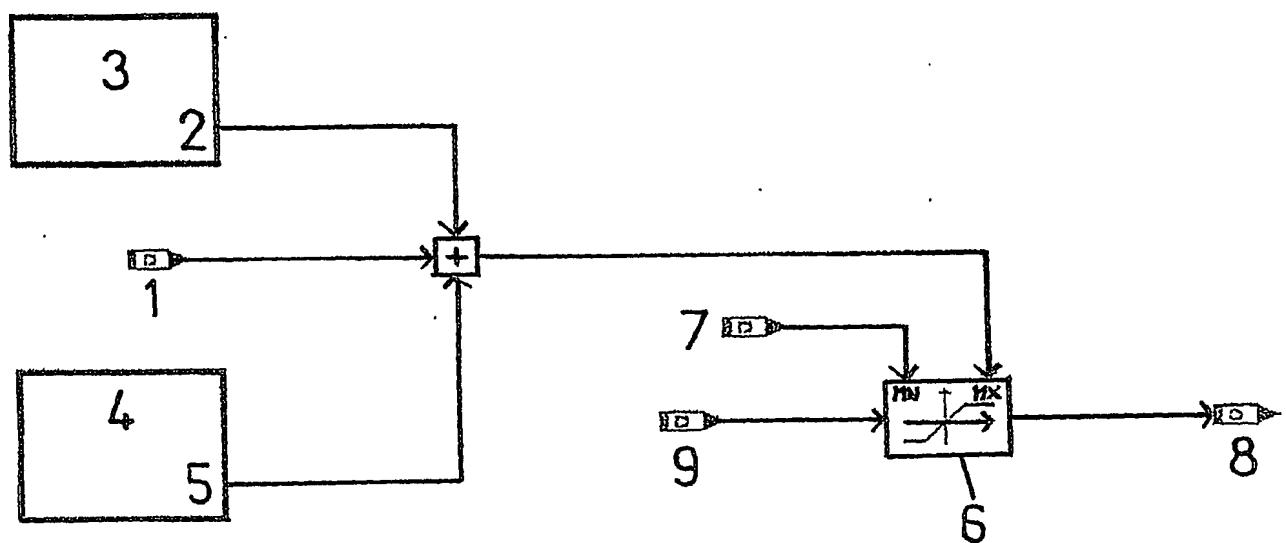


Fig. 1

2/2

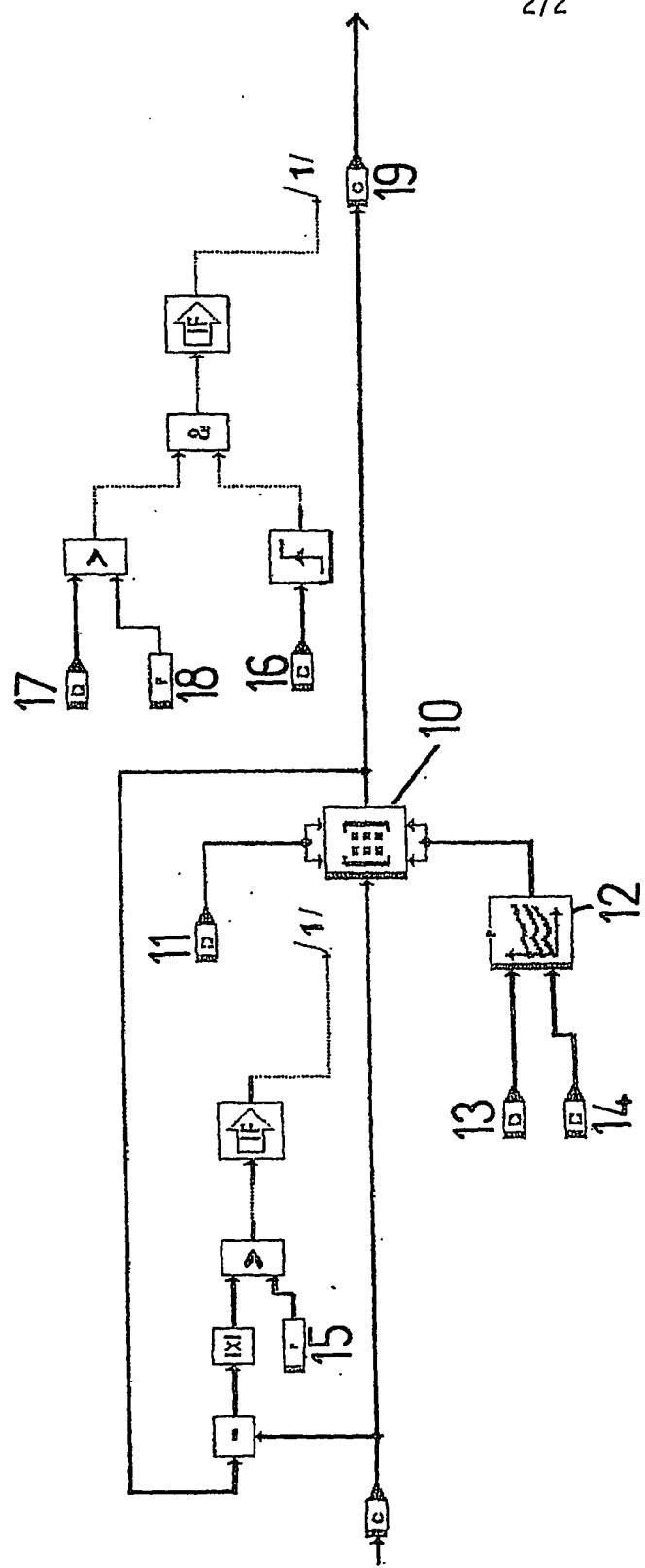


Fig. 2

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 03/02407

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 F02P5/152 F02P5/145

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 F02P F02D G01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 02 20964 A (BOSCH GMBH ROBERT ;KLUTH CARSTEN (DE); TORNO OSKAR (DE); HAEMING W) 14 March 2002 (2002-03-14) page 10, line 9-29 page 8, line 4-18 page 9, line 5-28 page 2, line 25-34 page 5, line 8-31 claims ---	1-6,8-14
Y		7
Y	page 9, line 5-28 page 2, line 25-34 page 5, line 8-31 claims ---	3-6
X	US 5 411 000 A (MIYASHITA YUKIO ET AL) 2 May 1995 (1995-05-02) column 5, line 11-20; figures 3-5 column 4, line 54-64 ---	1,7,8, 13,14
Y		3-6
Y		7
		-/-

 Further documents are listed in the continuation of box C. Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the International filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the International filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the International search

28 October 2003

Date of mailing of the International search report

05/11/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Ulivieri, E

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**International Application No  
PCT/EP 03/02407**C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 577 476 A (IYODA HISAO) 26 November 1996 (1996-11-26) column 7, line 28-42; figures 4,8,10 column 10, line 42 -column 11, line 22 claim 1 -----	1,3,11, 12
A	US 6 161 523 A (TORNO OSKAR ET AL) 19 December 2000 (2000-12-19) column 2, line 15-55; figure 1 -----	1,3,13, 14

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 03/02407

Patent document cited in search report	Publication date		Patent family member(s)		Publication date
WO 0220964	A 14-03-2002	DE	10043693 A1		14-03-2002
		WO	0220964 A1		14-03-2002
		EP	1317613 A1		11-06-2003
		US	2003136378 A1		24-07-2003
US 5411000	A 02-05-1995	JP	2844407 B2		06-01-1999
		JP	6213120 A		02-08-1994
US 5577476	A 26-11-1996	JP	3331789 B2		07-10-2002
		JP	8151971 A		11-06-1996
US 6161523	A 19-12-2000	DE	19740365 A1		18-03-1999
		CN	1239536 T		22-12-1999
		WO	9914488 A1		25-03-1999
		EP	0938629 A1		01-09-1999
		JP	2001505278 T		17-04-2001

# INTERNATIONALE RECHERCHENBERICHT

Internationale Aktenzeichen  
PCT/EP 03/02407

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 F02P5/152 F02P5/145

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 F02P F02D G01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 02 20964 A (BOSCH GMBH ROBERT ;KLUTH CARSTEN (DE); TORNO OSKAR (DE); HAEMING W) 14. März 2002 (2002-03-14) Seite 10, Zeile 9-29 Seite 8, Zeile 4-18 Seite 9, Zeile 5-28 Seite 2, Zeile 25-34 Seite 5, Zeile 8-31 Ansprüche	1-6,8-14
Y		7
Y		3-6
X	US 5 411 000 A (MIYASHITA YUKIO ET AL) 2. Mai 1995 (1995-05-02)	1,7,8, 13,14
Y	Spalte 5, Zeile 11-20; Abbildungen 3-5	3-6
Y	Spalte 4, Zeile 54-64	7
		-/-

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- \* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem Internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

- \*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem Internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- \*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- \*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- \*&\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche

Absendedatum des Internationalen Recherchenberichts

28. Oktober 2003

05/11/2003

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Olivieri, E

## INTERNATIONALE FISCHERCHENBERICHT

Internationale Aktenzeichen

PCT/DE 03/02407

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie <sup>o</sup>	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 577 476 A (IYODA HISAO) 26. November 1996 (1996-11-26) Spalte 7, Zeile 28-42; Abbildungen 4,8,10 Spalte 10, Zeile 42 -Spalte 11, Zeile 22 Anspruch 1 ---	1,3,11, 12
A	US 6 161 523 A (TORNO OSKAR ET AL) 19. Dezember 2000 (2000-12-19) Spalte 2, Zeile 15-55; Abbildung 1 ---	1,3,13, 14

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationale Aktenzeichen

PCT/DE 03/02407

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
WO 0220964	A	14-03-2002	DE	10043693 A1		14-03-2002
			WO	0220964 A1		14-03-2002
			EP	1317613 A1		11-06-2003
			US	2003136378 A1		24-07-2003
US 5411000	A	02-05-1995	JP	2844407 B2		06-01-1999
			JP	6213120 A		02-08-1994
US 5577476	A	26-11-1996	JP	3331789 B2		07-10-2002
			JP	8151971 A		11-06-1996
US 6161523	A	19-12-2000	DE	19740365 A1		18-03-1999
			CN	1239536 T		22-12-1999
			WO	9914488 A1		25-03-1999
			EP	0938629 A1		01-09-1999
			JP	2001505278 T		17-04-2001